

4

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-249434

(43) 公開日 平成4年(1992)9月4日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B 9/00	L	8426-5K		
G 0 2 F 1/01	Z	8106-2K		
2/00		7246-2K		

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平3-15364

(22) 出願日 平成3年(1991)2月6日

(71) 出願人 000127662

株式会社エイ・ティ・アール光電波通信研究所

京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5番地

(72) 発明者 野原 光夫

京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5番地 株式会社エイ・ティ・アール光電波通信研究所内

(74) 代理人 井理士 青山 藤 (外1名)

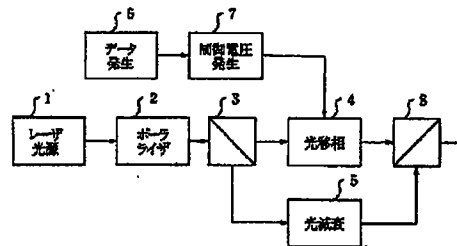
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 偏向変調器

(57) 【要約】

【目的】 従来例に比較し高速で動作することができるとともに、従来例に比較しより低い制御電圧で動作可能であって、円偏波の光信号を用いて信号伝送を行なうことができる偏向変調器を提供する。

【構成】 直線偏波の信号光を第1と第2の信号光に2分配し、上記分配された第1の信号光を入力される信号に応じて所定の移相量だけ移相させ、上記移相された第1の信号光と上記分配された第2の信号光とを、上記第1と第2の信号光の偏波面が互いに直交するように合成し上記合成した信号光を出力する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 直線偏波の信号光を第1と第2の信号光に2分配する分配手段と、上記分配手段によって分配された第1の信号光を入力される信号に応じて所定の移相量だけ移相させる移相手段と、上記移相手段によって移相された第1の信号光と上記分配手段によって分配された第2の信号光とを、上記第1と第2の信号光の偏波面が互いに直交するように合成し上記合成した信号光を出力する合成手段とを備えたことを特徴とする偏向変調器。

【請求項2】 上記移相手段に入力される信号は2値信号であり、上記移相手段は上記第1の信号光を上記2値信号に応じて $+\pi/2$ 又は $-\pi/2$ の移相量だけ移相させ、上記合成手段から円偏波の上記合成した信号光を出力することを特徴とする請求項1記載の偏向変調器。

【請求項3】 上記移相手段に入力される信号は2値信号であり、上記移相手段は上記第1の信号光を上記2値信号に応じて π 又は0の移相量だけ移相させ、上記合成手段から直線偏波の上記合成した信号光を出力することを特徴とする請求項1記載の偏向変調器。

【請求項4】 直線偏波の信号光を第1と第2の信号光に2分配する分配手段と、上記分配手段によって分配された第1の信号光を入力される信号に応じて所定の移相量だけ移相させる第1の移相手段と、上記分配手段によって分配された第2の信号光を上記入力される信号に応じて所定の移相量だけ移相させる第2の移相手段と、上記第1の移相手段によって移相された第1の信号光と上記第2の移相手段によって移相された上記第2の信号光とを、上記第1と第2の信号光の偏波面が互いに直交するように合成し上記合成した信号光を出力する合成手段とを備えたことを特徴とする偏向変調器。

【請求項5】 上記第1と第2の移相手段に入力される信号は2値信号であり、上記第1の移相手段は上記第1の信号光を上記2値信号に応じて $+\pi/4$ 又は $-\pi/4$ の移相量だけ移相させ、上記第2の移相手段は上記第2の信号光を上記2値信号に応じて $-\pi/4$ 又は $+\pi/4$ の移相量だけ移相させ、上記合成手段から円偏波の上記合成した信号光を出力することを特徴とする請求項4記載の偏向変調器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、例えばレーザー光を搬送波信号として用いる光通信システムに適用できる偏向変調器に関する。

【0002】

【従来の技術】 偏向変調は、空間におけるコヒーレントなレーザー伝送を実現するための1つの手法として注目されており、これまでにその原理及び実験例が多く報告されている。(例えば、桑野ほか「位相雑音不感応性を有する偏光変調/コヒーレント検波方式について」第11

(2)

特開平4-249434

2

回情報理論とその応用シンポジウム予稿集、1988年12月、並びに桑野ほか「偏向変調/ヘテロダイン検波方式の位相雑音除去効果」電子情報通信学会技術報告、SANE89-48、1989年1月参照。)

【0003】 図7は、上記の文献において開示されたバルク型結晶電気光学効果偏向変調器を用いた第1の従来例の偏向変調器のブロック図である。

【0004】 図7に示すように、レーザー光源1から出力される送信レーザー光は、ポーライザ2によって所定の偏波面の傾斜を有する直線偏波のレーザー光に変換された後、バルク構造のAD・P結晶を含む電気光学効果偏向変調器30に入力される。一方、データ発生器6は送信すべきデジタルデータ信号を発生して制御電圧発生器7に出力し、これに responding、制御電圧発生器7はデジタルデジタル信号に応じて制御電圧を発生して偏向変調器30に印加する。偏向変調器30は、印加される制御電圧に応じてレーザー光に対して所定の円偏波の回転を行い、右旋又は左旋の円偏波のレーザー光を出力する。すなわち、この第1の従来例においては、1個の偏向変調器30においてレーザー光に対して直接に偏向変調を行っている。

【0005】 一方、薄膜型光導波路を用いた変調器等については、光ファイバ通信用外部変調器などの実現方法として近年盛んに研究開発が進められており、その構成原理は例えば小山ほか「光波電子工学」コロナ社、1978年に示されている。この薄膜型光導波路は制御動作電圧の低減、及び変調器の高速化を達成するための手段として有効であるが、これまでのところ直線偏波に対してのみ実現されている。この直線偏波のモード変換については、直交した偏波面においてTE/TMモード変換を行い光ビームを得るための構成が検討されている。その動作原理は例えば山崎ほか「Z軸伝搬型LiNbO₃偏光干渉型光周波数シフト」放射科学研究会、1987年12月に示されている。

【0006】 さらに、2つの直交する偏波面成分からなる光ビームを作成し、その一方に入力信号に応じた変調を行って信号光とし、もう一方を無変調搬送波光とし、これら信号光と搬送波光を合成して受信側に送信し、受信側では上記搬送波光を用いて搬送波再生を行なう光コヒーレント方式が、特開昭59-57577号公報に開示されている。図8に、この光コヒーレント方式を用いた第2の従来例の偏波多重光送信装置を示す。

【0007】 図8に示すように、レーザー光源1の出力光を光分配器31で2方向に分岐し、注入同期型レーザーダイオード32と偏波面制御素子33とにそれぞれ入力させる。レーザーダイオード32は光分配器31からの出力光により注入同期を受けるとともに伝送信号変調回路34によって伝送信号で変調され、これによって、レーザーダイオード32から出力される直線偏波の出力光が偏波光合成器35に入力される。一方、偏波面制御素子33

3

に入力したレーザ光源1の大部分の出力光はこの偏波面制御素子33によりその偏波面がレーザダイオード32の出力光の偏波面と互いに直交するように変換制御された後、偏波光合成器35に入力して、上記のレーザダイオード32の出力光と合成される。そしてこの偏波光合成器35から出力される合成出力光は、例えば伝送線路である光ファイバケーブルを介して受信側に送信される。すなわち、この第2の従来例の偏波多重送信装置は、2つの光ビームの偏波面直交関係を利用して信号光と搬送波光の多重化を行なうことを特徴としている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述のバルク型結晶を用いた第1の従来例の偏向変調器においては、偏波の回転方向を制御する制御バイアス電圧として $\pm 200\text{V}$ 以上を印加することが必要であり、このため、当該偏向変調器に高い電圧を発生させる回路を設ける必要があるため、当該偏向変調器の回路が大型化するとともに、その消費電力が大きくなるという問題点があった。また、第1の従来例において用いる電気光学効果偏向変調器30の応答速度が比較的遅く、現在実現されている当該変調器では変調速度は数十Mbps程度である。

【0009】さらに、上述の第2の従来例の偏波多重送信装置においては、2つの光ビームの偏波面直交関係を利用して信号光と搬送波光の多重化を行なうことができるが、2つの光ビームを合成することによって偏波の回転を行い円偏波の光信号を用いて信号伝送を行なうことはできない。

【0010】本発明の目的は以上の問題点を解決し、従来例に比較し高速で動作することができるとともに、従来例に比較しより低い制御電圧で動作可能であって、円偏波の光信号を用いて信号伝送を行なうことができる偏向変調器を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明に係る請求項1記載の偏向変調器は、直線偏波の信号光を第1と第2の信号光に2分配する分配手段と、上記分配手段によって分配された第1の信号光を入力される信号に応じて所定の移相量だけ移相させる移相手段と、上記移相手段によって移相された第1の信号光と上記分配手段によって分配された第2の信号光とを、上記第1と第2の信号光の偏波面が互いに直交するように合成し上記合成した信号光を出力する合成手段とを備えたことを特徴とする。

【0012】また、請求項2記載の偏向変調器は、上記請求項1記載の偏向変調器において、上記移相手段に入力される信号は2値信号であり、上記移相手段は上記第1の信号光を上記2値信号に応じて $+\pi/2$ 又は $-\pi/2$ の移相量だけ移相させ、上記合成手段から円偏波の上記合成した信号光を出力することを特徴とする。

【0013】さらに、請求項3記載の偏向変調器は、上

(3)

特開平4-249434

4

記請求項1記載の偏向変調器において、上記移相手段に入力される信号は2値信号であり、上記移相手段は上記第1の信号光を上記2値信号に応じて π 又は0の移相量だけ移相させ、上記合成手段から直線偏波の上記合成した信号光を出力することを特徴とする。

【0014】またさらに、本発明に係る請求項4記載の偏向変調器は、直線偏波の信号光を第1と第2の信号光に2分配する分配手段と、上記分配手段によって分配された第1の信号光を入力される信号に応じて所定の移相量だけ移相させる第1の移相手段と、上記分配手段によって分配された第2の信号光を上記入力される信号に応じて所定の移相量だけ移相させる第2の移相手段と、上記第1の移相手段によって移相された第1の信号光と上記第2の移相手段によって移相された上記第2の信号光とを、上記第1と第2の信号光の偏波面が互いに直交するように合成し上記合成した信号光を出力する合成手段とを備えたことを特徴とする。

【0015】さらに、請求項5記載の偏向変調器は、上記請求項4記載の偏向変調器において、上記第1と第2の移相手段に入力される信号は2値信号であり、上記第1の移相手段は上記第1の信号光を上記2値信号に応じて $+\pi/4$ 又は $-\pi/4$ の移相量だけ移相させ、上記第2の移相手段は上記第2の信号光を上記2値信号に応じて $-\pi/4$ 又は $+\pi/4$ の移相量だけ移相させ、上記合成手段から円偏波の上記合成した信号光を出力することを特徴とする。

【0016】

【作用】上述の請求項1記載の偏向変調器においては、上記分配手段は直線偏波の信号光を第1と第2の信号光に2分配した後、上記移相手段は上記分配手段によって分配された第1の信号光を入力される信号に応じて所定の移相量だけ移相させる。次いで、上記合成手段は、上記移相手段によって移相された第1の信号光と上記分配手段によって分配された第2の信号光とを、上記第1と第2の信号光の偏波面が互いに直交するように合成し上記合成した信号光を出力する。

【0017】上記請求項1記載の偏向変調器のように構成することによって、上記移相手段として例えば薄膜型光導波路上に形成された光移相器を適用することができる。これによって、当該偏向変調器の動作速度を高速化することができる。また、上記移相手段に印加する制御電圧を従来例に比較して低くすることができ、これによって、制御電圧発生器を含めた当該偏向変調器の全体の消費電力を大幅に低減させることができるとともに、制御電圧発生器を含めた当該偏向変調器の全体システムを小型化することができる。

【0018】上記請求項1記載の偏向変調器において、好ましくは、上記移相手段に入力される信号は2値信号であり、上記移相手段は上記第1の信号光を上記2値信号に応じて $+\pi/2$ 又は $-\pi/2$ の移相量だけ移相させ

5

るとき、上記合成手段から円偏波の上記合成した信号光を出力することができる。

【0019】また、上記請求項1記載の偏向変調器において、好ましくは、上記移相手段に入力される信号は2値信号であり、上記移相手段は上記第1の信号光を上記2値信号に応じて π 又は0の移相量だけ移相させるとき、上記合成手段から直線偏波の上記合成した信号光を出力することができる。

【0020】またさらに、上述の請求項4記載の偏向変調器においては、上記分配手段は直線偏波の信号光を第1と第2の信号光に2分配した後、上記第1の移相手段は上記分配手段によって分配された第1の信号光を入力される信号に応じて所定の移相量だけ移相させ、一方、上記第2の移相手段は上記分配手段によって分配された第2の信号光を上記入力される信号に応じて所定の移相量だけ移相させる。次いで、上記合成手段は、上記第1の移相手段によって移相された第1の信号光と上記第2の移相手段によって移相された上記第2の信号光とを、上記第1と第2の信号光の偏波面が互いに直交するように合成し上記合成した信号光を出力する。

【0021】上記請求項4記載の偏向変調器のように構成することによって、上記第1と第2の移相手段としてそれぞれ例えば薄膜型光導波路上に形成された光移相器を適用することができる。これによって、当該偏向変調器の動作速度を高速化することができるとともに、上記第1と第2の移相手段に印加する制御電圧を従来例に比較して低くすることができ、これによって、制御電圧発生器を含めた当該偏向変調器の全体の消費電力を大幅に低減させることができるとともに、制御電圧発生器を含めた当該偏向変調器の全体システムを小型化することができる。

【0022】さらに、請求項5記載の偏向変調器において、好ましくは、上記第1と第2の移相手段に入力される信号は2値信号であり、上記第1の移相手段は上記第1の信号光を上記2値信号に応じて $+\pi/4$ 又は $-\pi/4$ の移相量だけ移相させ、上記第2の移相手段は上記第2の信号光を上記2値信号に応じて $-\pi/4$ 又は $+\pi/4$ の移相量だけ移相させ、上記合成手段から円偏波の上記合成した信号光を出力することができる。

【0023】

【実施例】以下、図面を参照して本発明による実施例について説明する。

【0024】＜第1の実施例＞図1は、本発明に係る第1の実施例である偏向変調器のブロック図であり、図1において、図7及び図8と同様のものについては同一の符号を付している。

【0025】この第1の実施例の偏向変調器は、1つのレーザ光源1から出力されるレーザ光を直線偏波に変換した後、2つのレーザ光に分配し、分配された一方のレーザ光を伝送すべきデジタルデータ信号に応じた移相量

(4)

特開平4-249434

6

だけ移相させ、次いで、2つのレーザ光を偏波面が互いに直交するように合成することを特徴としている。

【0026】図1に示すように、送信用レーザ光源1から出力されるレーザ光はポーラライザ2によって直線偏波のレーザ光に変換された後、無偏向ビームスプリッタ3に入射する。無偏向ビームスプリッタ3は、入射したレーザ光を偏向することなく2波に分配し、一方のレーザ光を光移相器4に出力するとともに、他方のレーザ光を光減衰器5を介して偏向ビームスプリッタ8の第2の入射端に出力する。ここで、無偏向ビームスプリッタ3によって分配されたレーザ光にデータ発生器6によって発生されるデジタルデータ信号の情報を含ませるため、以下、上記分配された2つのレーザ光のうち、無偏向ビームスプリッタ3から光移相器4を介して偏向ビームスプリッタ8の第1の入射端に入射するレーザ光を第1の信号光といい、一方、無偏向ビームスプリッタ3から光減衰器5を介して偏向ビームスプリッタ8の第2の入射端に入射するレーザ光を第2の信号光という。

【0027】データ発生器6は、受信側に伝送すべきデジタルデータ信号を発生し、制御電圧発生器7に出力する。これにตอบสนองして、制御電圧発生器7は、入力されるデジタルデータ信号に応じて、入力される直線偏波の第1の信号光の位相を「表1」の「X軸の直線偏波の信号光の移相量」の欄に記載の移相量[rad]だけ移相させるための制御電圧を光移相器4に印加する。

【0028】

【表1】

デジタルデータ信号	1	0
X軸の直線偏波の信号光の移相量	$+\pi/2$	$-\pi/2$
Y軸の直線偏波の信号光の移相量	0	0
各信号光間の位相差	$+\pi/2$	$-\pi/2$

【0029】このとき、光移相器4は、入力される第1の信号光の位相を上記移相量[rad]だけ移相させた後、偏向ビームスプリッタ8の第1の入射端に出力する。ここで、光減衰器5は、無偏向ビームスプリッタ3によって分配された2つの第1と第2の信号光の各振幅が偏向ビームスプリッタ8内の合波点において等しくなるような所定の減衰量を有し、また、光移相器4の移相量が0であるときに、無偏向ビームスプリッタ3の分波点から光移相器4を介して偏向ビームスプリッタ8の合波点までの光路長と、無偏向ビームスプリッタ3の分波点から光減衰器5を介して偏向ビームスプリッタ8の合波点までの光路長とが等しくなるように設定される。

【0030】次いで、偏向ビームスプリッタ8の第1と

(5)

特開平4-249434

7

第2の入射端にそれぞれ入射した第1と第2の信号光は、各信号光の偏波面が直交するように合波された後、送信光として受信側に出力される。本実施例においては、説明の便宜上、偏向ビームスプリッタ8の第1の入射端を介してその合波点に入射する第1の信号光を、直交するX軸とY軸のうちのX軸に平行な偏波面を有する直線偏波とし、一方、偏向ビームスプリッタ8の第2の入射端を介してその合波点に入射する第2の信号光を、上記Y軸に平行な偏波面を有する直線偏波としている。

【0031】以上のように構成された第1の実施例の偏向変調器において、伝送すべきデジタルデータ信号が1であるとき、無偏向ビームスプリッタ3から出力される第1の信号光が光移相器4によって $+\pi/2$ だけ移相され、一方、無偏向ビームスプリッタ3から出力される第2の信号光が光減衰器5によって所定の減衰量だけ減衰されるだけでその位相が移相されないで、偏向ビームスプリッタ8から出力される合波された送信光は、図9に示すように、光移相器4から偏向ビームスプリッタ8の出力端の断面に向かってすなわち伝搬方向に向かって右回りの方向で回転する右旋の円偏波の光信号となる。また、伝送すべきデジタルデータ信号が0であるとき、無偏向ビームスプリッタ3から出力される第1の信号光が光移相器4によって $-\pi/2$ だけ移相され、一方、無偏向ビームスプリッタ3から出力される第2の信号光が光減衰器5によって所定の減衰量だけ減衰されるだけでその位相が移相されないで、偏向ビームスプリッタ8から出力される合波された送信光は、図10に示すように、上記伝搬方向に向かって左回りの方向で回転する左旋の円偏波の光信号となる。

【0032】以上の第1の実施例において、第1の信号光の位相を伝送すべきデジタルデータ信号に応じて光移相器4によって「表1」に示す移相量だけ移相させているが、本発明はこれに限らず、第1の信号光の位相を伝送すべきデジタルデータ信号に応じて光移相器4によって「表2」に示す移相量だけ移相させてもよい。

【0033】

【表2】

デジタルデータ信号	1	0
X軸の直線偏波の信号光の移相量	$+\pi$	0
Y軸の直線偏波の信号光の移相量	0	0
各信号光間の位相差	$+\pi$	0

【0034】この変形例において、伝送すべきデジタルデータ信号が0であるとき、偏向ビームスプリッタ8から出力される合波された送信光は、図11に示すよう

8

に、偏向ビームスプリッタ8の出力端の断面においてX軸から 45° だけ左回りに回転された偏波面を有する直線偏波の光信号となる。一方、伝送すべきデジタルデータ信号が1であるとき、偏向ビームスプリッタ8から出力される合波された送信光は、図12に示すように、偏向ビームスプリッタ8の出力端の断面においてX軸から 135° だけ左回りに回転された偏波面を有する直線偏波の光信号となる。この変形例における送信光を受信側で受信し変調されたデジタルデータ信号を検波するためには、次の方式を用いればよい。

【0035】すなわち、受信側で上記直線偏波の光信号を受信し、直交する2つの偏波成分に分波した後、各偏波成分のうち一方の偏波成分のみを $1/2$ 波長板を通過させ、 $1/2$ 波長板を通過した偏波成分と上記分波された他方の偏波成分とを合波し、上記合波された信号の振幅を検出することによって送信側で変調されたデジタルデータ信号を復調することができる。

【0036】＜第2の実施例＞図2は、本発明に係る第2の実施例である偏向変調器のブロック図であり、図1において、図2と同様のものについては同一の符号を付している。

【0037】この第2の実施例の偏向変調器は、第1の実施例と比較し、第1の実施例の光減衰器5の代わりに光移相器4bを備え、この光移相器4bに制御電圧を印加する制御電圧発生器7bをさらに備えたことを特徴としている。なお、第2の実施例において、第1の実施例の光移相器4に対応する光移相器の符号を4aとし、第1の実施例の制御電圧発生器7に対応する光移相器の符号を7aとしている。以下、第1の実施例との相違点について詳細後述する。

【0038】図2に示すように、無偏向ビームスプリッタ3によって分配された2つの信号光のうち、一方の信号光が光移相器4aを介して偏向ビームスプリッタ8の第1の入射端に出力され、また、他方の信号光が光移相器4bを介して偏向ビームスプリッタ8の第2の入射端に出力される。制御電圧発生器7aは、入力されるデジタルデータ信号に応じて、入力される直線偏波の第1の信号光の位相を「表3」の「X軸の直線偏波の信号光の移相量」の欄に記載の移相量[rad]だけ移相させるための制御電圧を光移相器4aに印加し、一方、制御電圧発生器7bは、入力されるデジタルデータ信号に応じて、入力される直線偏波の第2の信号光の位相を「表3」の「Y軸の直線偏波の信号光の移相量」の欄に記載の移相量[rad]だけ移相させるための制御電圧を光移相器4bに印加する。

【0039】

【表3】

9

デジタルデータ信号	1	0
X軸の直線偏波の 信号光の移相量	$+\pi/4$	$-\pi/4$
Y軸の直線偏波の 信号光の移相量	$-\pi/4$	$+\pi/4$
各信号光間の 位相差	$+\pi/2$	$-\pi/2$

【0040】このとき、光移相器4aは、入力される第1の信号光の位相を上記移相量[rad]だけ移相させた後、偏向ビームスプリッタ8の第1の入射端に出力し、光移相器4bは、入力される第2の信号光の位相を上記移相量[rad]だけ移相させた後、偏向ビームスプリッタ8の第2の入射端に出力する。次いで、偏向ビームスプリッタ8の第1と第2の入射端に入射した第1と第2の信号光は、各信号光の偏波面が直交するように合波された後、送信光として受信側に出力される。ここで、各光移相器4a、4bの各移相量が0であるときに、無偏向ビームスプリッタ3の分波点から光移相器4aを介して偏向ビームスプリッタ8の合波点までの光路長と、無偏向ビームスプリッタ3の分波点から光移相器4bを介して偏向ビームスプリッタ8の合波点までの光路長とが等しくなるように設定される。

【0041】以上のように構成された第2の実施例の偏向変調器において、伝送すべきデジタルデータ信号が1であるとき、無偏向ビームスプリッタ3から出力される第1の信号光が光移相器4aによって $+\pi/4$ だけ移相され、一方、無偏向ビームスプリッタ3から出力される第2の信号光が光移相器4bによって $-\pi/4$ だけ移相されるので、偏向ビームスプリッタ8から出力される合波された送信光は、図9に示すように、光移相器4aから偏向ビームスプリッタ8の出力端の断面に向かってすなわち伝搬方向に向かって右回りの方向で回転する右旋の円偏波の光信号となる。また、伝送すべきデジタルデータ信号が0であるとき、無偏向ビームスプリッタ3から出力される第1の信号光が光移相器4aによって $-\pi/4$ だけ移相され、一方、無偏向ビームスプリッタ3から出力される第2の信号光が光移相器4bによって $+\pi/4$ だけ移相されるので、偏向ビームスプリッタ8から出力される合波された送信光は、図10に示すように、上記伝搬方向に向かって左回りの方向で回転する左旋の円偏波の光信号となる。

【0042】＜第3の実施例＞図3は、本発明に係る第3の実施例である偏向変調器のブロック図であり、図3において図1と同様のものについては同一の符号を付している。

【0043】この第3の実施例の偏向変調器は、第1の実施例と比較し、無偏向ビームスプリッタ3の代わりに

(6)

特開平4-249434

10

薄膜型光導波路10内の光分配器11を用い、光移相器4の代わりに薄膜型光導波路10内の光移相器12を用い、光減衰器5の代わりに薄膜型光導波路10内の光導波路13を用い、偏向ビームスプリッタ8の代わりに1/2波長板9と無偏向ビームスプリッタ8aを用いたことを特徴としている。以下、第1の実施例との相違点について詳細に説明する。

【0044】図3に示すように、送信用レーザ光源1から出力されるレーザ光はポラライザ2によって直線偏波のレーザ光に変換された後、薄膜型光導波路10内の光分配器11に入射する。この薄膜型光導波路10は、光分配器11と、光移相器12と、光導波路13と、各回路素子を接続する光導波路を備える。光分配器11は入射したレーザ光を偏向することなく2波に分配し、一方のレーザ光を光移相器12を介して無偏向ビームスプリッタ8aの第1の入射端に出力するとともに、他方のレーザ光を所定の減衰量を有する光導波路13並びに、入射する信号光の偏波面を伝搬方向に対して左回りに90°だけ回転させる1/2波長板9を介して無偏向ビームスプリッタ8aの第2の入射端に出力する。制御電圧発生器7及び光移相器12はそれぞれ、第1の実施例の制御電圧発生器7及び光移相器4と同様に動作する。ここで、光導波路13は、光分配器11によって分配された2つの第1と第2の信号光の各振幅が無偏向ビームスプリッタ8a内の合波点において等しくなるような所定の減衰量を有し、また、光移相器12の移相量が0であるときに、光分配器11の分波点から光移相器12を介して無偏向ビームスプリッタ8aの合波点までの光路長と、光分配器11の分波点から光導波路13及び1/2波長板9を介して無偏向ビームスプリッタ8aの合波点までの光路長とが等しくなるように設定される。なお、上記薄膜型光導波路10内の2つの信号光は同一の偏波面を有する。次いで、無偏向ビームスプリッタ8aの第1と第2の入射端に入射した第1と第2の信号光は、各信号光の偏波面が直交するように合波された後、送信光として受信側に出力される。

【0045】以上のように構成された第3の実施例の偏向変調器は、第1の実施例と同様に動作する。

【0046】以上の第3の実施例においては、2つの信号光を処理する各回路を同一の薄膜型光導波路10上に形成しているので、当該偏向変調器全体の構成を簡単化することができる。また、バルク結晶を用いた第1の従来例の電気光学効果偏向変調器30よりも低い制御電圧で所定の移相量を得ることができかつ高速で動作可能な、薄膜型光導波路10内の光移相器12を用いているので、制御電圧発生器7において発生させるべき当該制御電圧を第1の従来例と比較し低くすることができる。さらに、制御電圧を低くすることができるので、当該偏向変調器で消費される電力を大幅に軽減できる。

【0047】以上の第3の実施例において、第2の信号光の偏波面の方向を変化させるために1/2波長板9を用いているが、本発明はこれに限らず、1/2波長板9の代わりに例えばバンド光ファイバケーブルなどの定偏波面光ファイバケーブルを用い、無偏向ビームスプリッタ8aの第2の入力端においてその偏波面の方向を直角に回転させるように接続してもよい。この場合、薄膜型光導波路10内の光移相器12から出力される第1の信号光は定偏波光ファイバケーブルを介して無偏向ビームスプリッタ8aの第1の入射端に導き、一方、薄膜型光導波路10内の光導波路13から出力される第2の信号光は別の定偏波光ファイバケーブルを介して無偏向ビームスプリッタ8aの第2の入射端に導かれる。

【0048】＜第4の実施例＞図4は、本発明に係る第4の実施例である偏向変調器のブロック図であり、図4において図2と同様のものについては同一の符号を付している。

【0049】この第4の実施例の偏向変調器は、第2の実施例と比較し、無偏向ビームスプリッタ3の代わりに薄膜型光導波路10内の光分配器11を用い、光移相器4a、4bの代わりにそれぞれ薄膜型光導波路10内の光移相器12a、12bを用い、偏向ビームスプリッタ8の代わりに1/2波長板9と無偏向ビームスプリッタ8aを用いたことを特徴としている。

【0050】以上のように構成された第4の実施例の偏向変調器は、第2の実施例と同様に動作する。

【0051】以上の第4の実施例においては、2つの信号光を処理する各回路を同一の薄膜型光導波路10上に形成しているので、当該偏向変調器全体の構成を簡略化することができる。また、バルク結晶を用いた第1の従来例の電気光学効果偏向変調器30よりも低い制御電圧で所定の移相量を得ることができかつ高速で動作可能な、薄膜型光導波路10内の光移相器12a、12bを用いているので、制御電圧発生器7a、7bにおいて発生させるべき当該制御電圧を第1の従来例に比較し低くすることができるとともに、変調速度を高速化することができる。

【0052】以上の第4の実施例において、第2の信号光の偏波面の方向を変化させるために1/2波長板9を用いているが、本発明はこれに限らず、1/2波長板9の代わりに例えばバンド光ファイバケーブルなどの定偏波面光ファイバケーブルを用い、無偏向ビームスプリッタ8aの第2の入力端においてその偏波面の方向を直角に回転させるように接続してもよい。

【0053】＜第5の実施例＞図5は、本発明に係る第5の実施例である偏向変調器のブロック図であり、図5において、図1及び図3と同様のものについては同一の符号を付している。

【0054】この第5の実施例の偏向変調器は、第3の実施例と比較し、薄膜型光導波路10内の光導波路13

と1/2波長板9の代わりに薄膜型光導波路10内のTE/TMモード変換器14を用いたことを特徴としている。以下、第3の実施例との相違点について詳細に説明する。

【0055】この第5の実施例の偏向変調器において、モード変換器14は光分配器11から分配される第2の信号光の伝搬モードをTEモードからTMモードに変換する。すなわち、薄膜型光導波路10内の光分配器11から光移相器12を伝搬する第1の信号光、並びに、光分配器11からモード変換器14に入射する第2の信号光はTEモードで伝搬し、一方、モード変換器14から出力される第2の信号光はTMモードで伝搬する。従って、無偏向ビームスプリッタ8aの第1と第2の入射端に入射する第1と第2の信号光はそれぞれTEモード及びTMモードであって、各信号光の偏波面が直交している。それ故、無偏向ビームスプリッタ8aは、第1と第2の信号光を各信号光の偏波面が直交するように合波された後、送信光として受信側に出力される。

【0056】以上のように構成された第5の実施例の偏向変調器は、第1の実施例及び第3の実施例と同様に動作し、第3の実施例と同様の効果を有する。

【0057】以上の第5の実施例の偏向変調器においては、第3の実施例と比較し、薄膜型光導波路10内の光導波路13と1/2波長板9の代わりにTE/TMモード変換器14を用いているが、本発明はこれに限らず、第4の実施例において1/2波長板9の代わりにTE/TMモード変換器を光移相器12bの後段の薄膜型光導波路10内に設けてもよい。

【0058】＜第6の実施例＞図6は、本発明に係る第6の実施例である偏向変調器のブロック図であり、図6において、図1と同様のものについては同一の符号を付している。

【0059】この第6の実施例の偏向変調器は、第1の実施例と比較し、光移相器4の代わりに薄膜型光導波路20内に形成された光移相器21を用いたことを特徴としている。以上のように構成された第6の実施例の偏向変調器は、第1の実施例と同様に動作し、第3の実施例と同様の効果を有する。

【0060】以上の第6の実施例においては、第1の実施例と比較し、光移相器4の代わりに薄膜型光導波路20内に形成された光移相器21を用いているが、本発明はこれに限らず、第2の実施例における光移相器4a、4bの代わりにそれぞれ薄膜型光導波路20内に形成された光移相器21を用いてもよい。

【0061】＜実験例＞以上の実施例で用いる薄膜型光導波路の制御電圧と移相量の関係は、例えば、川中ほか「光集積回路型マイクロ波移相器」電子情報通信学会技術報告、OQE89-33、1989年6月に実験結果例が報告されており、これによると、 π を中心として $\pm \pi/2$ の移相量を得るための制御電圧として0.75V

13

及び2、2.5Vが必要であると報告されている。この実験結果から、上記第3と第5と第6の実施例において薄膜型光導波路10内の光移相器12又は21に上記実験で用いた移相器を使用した場合、約3V以下の制御電圧であって1.5Vの電圧制御範囲で右旋又は左旋の円偏波の偏向変調が可能となる。さらに、第4の実施例において薄膜型光導波路10内の光移相器12a、12bに上記実験で用いた移相器を使用した場合、上記実験結果から制御電圧として1.125V及び1.875Vが必要となり、前者の実施例に比較し、制御電圧の制御範囲を小さくすることができる。

【0062】また、この種の薄膜型光導波路上に形成された移相器の動作速度として最高2Gbps程度が現状の技術で製作可能であるといわれている。偏向変調器の最高の変調速度はこの移相器の動作速度により決定されることから、上述の第3乃至第6の実施例の構成により、偏向変調器を大幅に高速化することができる。

【0063】

【発明の効果】以上詳述したように本発明に係る請求項1記載の偏向変調器においては、直線偏波の信号光を第1と第2の信号光に2分配し、上記分配された第1の信号光を入力される信号に応じて所定の移相量だけ移相させ、上記移相された第1の信号光と上記分配された第2の信号光とを、上記第1と第2の信号光の偏波面が互いに直交するように合成し上記合成した信号光を出力するようにしたので、上記移相させる手段として例えば薄膜型光導波路上に形成された光移相器を適用することができる。これによって、当該偏向変調器の動作速度を高速化することができるとともに、上記移相手段に印加する制御電圧を従来例に比較して低くすることができ、これによって、制御電圧発生器を含めた当該偏向変調器の全体の消費電力を大幅に低減させることができるとともに、制御電圧発生器を含めた当該偏向変調器の全体システムを小型化することができるという利点がある。

【0064】また、請求項1記載の偏向変調器において、好ましくは、上記移相させる手段に入力される信号は2値信号であり、上記移相させる手段は上記第1の信号光を上記2値信号に応じて $+\pi/2$ 又は $-\pi/2$ の移相量だけ移相させるとき、円偏波の上記合成した信号光を出力することができるとともに、上記第1の信号光を上記2値信号に応じて π 又は0の移相量だけ移相させるとき、直線偏波の上記合成した信号光を出力することができる。

【0065】さらに、本発明に係る請求項4記載の偏向変調器においては、直線偏波の信号光を第1と第2の信号光に2分配した後、上記分配された第1の信号光を入力される信号に応じて所定の移相量だけ移相させ、一方、上記分配された第2の信号光を上記入力される信号に応じて所定の移相量だけ移相させ、次いで、上記移相された第1の信号光と上記移相された上記第2の信号光

(8)

特開平4-249434

14

とを、上記第1と第2の信号光の偏波面が互いに直交するように合成し上記合成した信号光を出力するようにしたので、上記2つの移相させる手段としてそれぞれ例えば薄膜型光導波路上に形成された光移相器を適用することができる。これによって、当該偏向変調器の動作速度を高速化することができるとともに、上記2つの移相させる手段に印加する制御電圧を従来例に比較して低くすることができ、これによって、制御電圧発生器を含めた当該偏向変調器の全体の消費電力を大幅に低減させることができるとともに、制御電圧発生器を含めた当該偏向変調器の全体システムを小型化することができる。

【0066】またさらに、請求項5記載の偏向変調器において、好ましくは、上記2つの移相させる手段に入力される信号は2値信号であり、上記一方の移相させる手段は上記第1の信号光を上記2値信号に応じて $+\pi/4$ 又は $-\pi/4$ の移相量だけ移相させ、上記他方の移相させる手段は上記第2の信号光を上記2値信号に応じて $-\pi/4$ 又は $+\pi/4$ の移相量だけ移相させ、円偏波の上記合成した信号光を出力することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る第1の実施例である偏向変調器のブロック図である。

【図2】 本発明に係る第2の実施例である偏向変調器のブロック図である。

【図3】 本発明に係る第3の実施例である偏向変調器のブロック図である。

【図4】 本発明に係る第4の実施例である偏向変調器のブロック図である。

【図5】 本発明に係る第5の実施例である偏向変調器のブロック図である。

【図6】 本発明に係る第6の実施例である偏向変調器のブロック図である。

【図7】 バルク型結晶電気光学効果偏向変調器を用いた第1の従来例の偏向変調器のブロック図である。

【図8】 注入同期型レーザダイオードを用いた第2の従来例の偏波多重光送信装置のブロック図である。

【図9】 上記各実施例の偏向変調器から出力される右旋円偏波の光信号の偏波を示す、光出力端の断面における模式断面図である。

【図10】 上記各実施例の偏向変調器から出力される左旋円偏波の光信号の偏波を示す、光出力端の断面における模式断面図である。

【図11】 上記各実施例において直交する光信号の位相差が0であるときに偏向変調器から出力される直線偏波の偏波面を示す、光出力端の断面における模式断面図である。

【図12】 上記各実施例において直交する光信号の位相差が π であるときに偏向変調器から出力される直線偏波の偏波面を示す、光出力端の断面における模式断面図である。

15

16

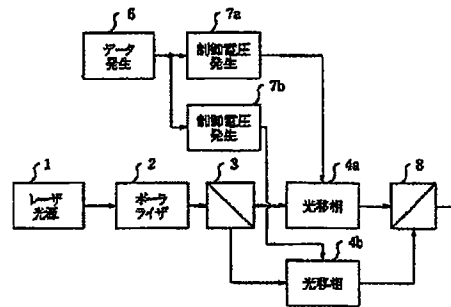
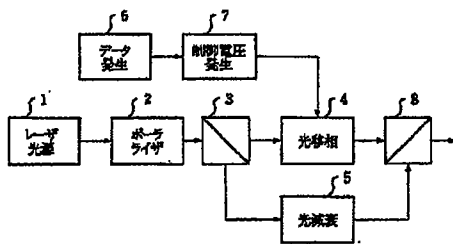
【符号の説明】

1…レーザ光源、2…ポーラライザ、3、8a…無偏向
ビームスプリッタ、4、4a、4b、12、12a、1
2b、21…光移相器、5…光減衰器、6…データ発生

器、7、7a、7b…制御電圧発生器、8…偏向ビーム
スプリッタ、9…1/2波長板、10、20…薄膜型光
導波路、11…光分配器、13…光導波路、14…TE
/TMモード変換器。

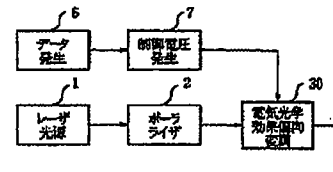
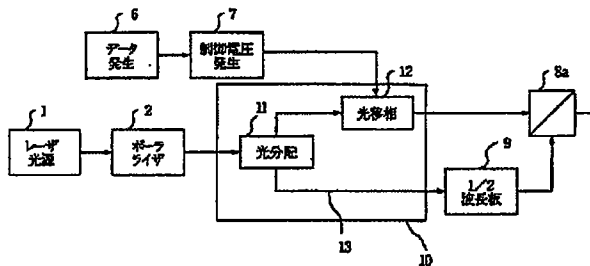
【図1】

【図2】



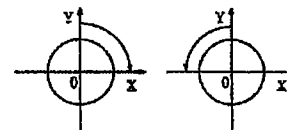
【図3】

【図7】

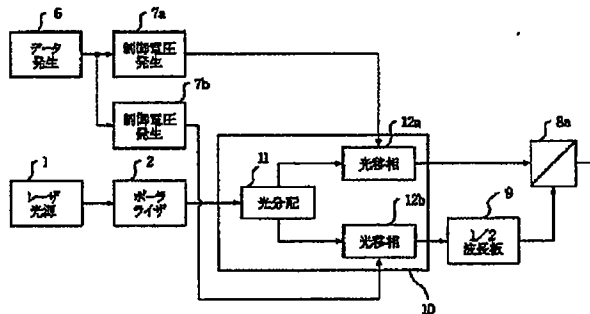


【図9】

【図10】

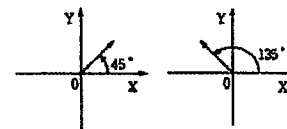


【図4】

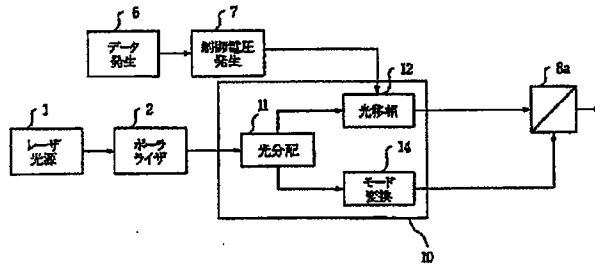


【図11】

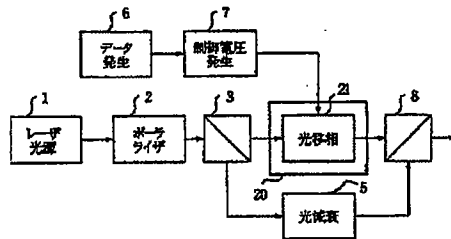
【図12】



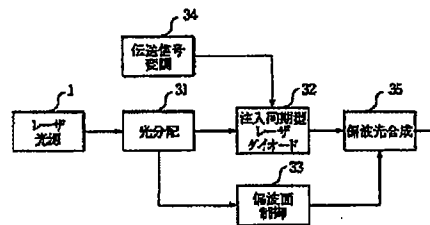
【図5】



【図6】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 飯塚 啓吾
京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5
番地 株式会社エイ・ティ・アール光電波
通信研究所内

(72)発明者 神谷 嘉明
京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5
番地 株式会社エイ・ティ・アール光電波
通信研究所内

(72)発明者 藤瀬 雅行
京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5
番地 株式会社エイ・ティ・アール光電波
通信研究所内

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-249434

(43)Date of publication of application : 04.09.1992

(51)Int.Cl.

H04B 10/04
G02F 1/01
G02F 2/00
H04B 10/06

(21)Application number : 03-015364

(22)Date of filing : 06.02.1991

(71)Applicant :

A T R Koudenpa Tsushin Kenkyusho:KK

(72)Inventor :

NOHARA MITSUO

IIZUKA KEIGO

KAMIYA YOSHIKI

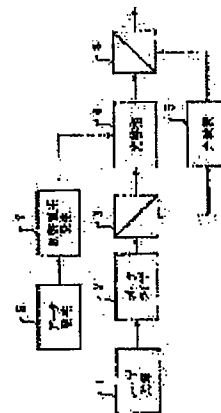
FUJISE MASAYUKI

(54) DEFLECTION MODULATOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To speed up operation of a deflection modulator by splitting a linearly polarized signal beam into two signal beams, by phase-shifting one signal beam, and by composing two split signal beams so that their polarized wave surfaces perpendicularly intersect.

CONSTITUTION: Laser beam to be output from a laser beam source 1 for transmission is converted to linear polarization by a polarizer 2, and enters a no-deflection beam splitter 3. The splitter 3 splits the laser beam into two waves without polarizing the laser beam, one laser wave is output to a beam phase shifter 4, and the other laser wave is made to enter a deflection beam splitter 8 via a beam attenuator 5. Further, a data generator 6 generates a digital data signal that should be transmitted to the receiving side, and outputs it to a control voltage generator 7, while the generator 7 shifts the phase of a linearly polarized signal beam to be input in accordance with the digital data signal by a predetermined amount, and inputs the signal beam to the splitter 8. Here, two signal beams input to the splitter 8 are composed so that their polarized wave surfaces can perpendicularly intersect, whereby the signal beam composed for linear polarization can be operated at high speed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]